

# Resumen

## **Análisis de los impactos sobre los recursos hídricos en la minería artesanal y en pequeña escala de oro**

### **Impactos en 2021**

*Medellín, 02 de noviembre de 2022*



#### **Aviso legal:**

Este informe es únicamente para el uso de SBG. Ninguna parte de este puede circular, ser citado o reproducido para distribución a terceros sin el consentimiento previo por escrito de South Pole Carbon Asset Management Ltd.

# Detalles

## Preparado para:

Thomas Hentschel, Managing Director / Global Program Manager SBGI  
**Projekt-Consult**  
Eulenkrogstrasse 82, D-22359 Hamburg · Germany  
+49 40 603 06 740 · thomas.hentschel@projekt-consult.de · projekt-consult.de

Diana Culillas, Secretary General  
**Swiss Better Gold Association**  
8B, Chemin des Couleuvres 1295 · Tannay · Switzerland  
+41 22 960 71 62 · diana.culillas@sbg.ch · swissbettergoldassociation.ch

---

## Preparado por:

**South Pole Carbon Asset Management Ltd. (South Pole)**  
Technoparkstrasse 1 · 8005 Zürich · Suiza  
southpole.com

---

## Autor principal:

Diana Swidler, Manager, Contabilidad de Impactos Ambientales  
+31 020 299 1718  
d.swidler@southpole.com

## Revisor técnico:

Leonardo Verkooijen, Líder, Contabilidad de Impactos Ambientales  
+31 020 299 1718  
l.verkooijen@southpole.com

---

## Persona de contacto:

Leonardo Verkooijen, Líder, Contabilidad de Impactos Ambientales  
+31 020 299 1718 · l.verkooijen@southpole.com

---

# Tabla de Contenido

---

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>4</b>
1.1	Información sobre el marco internacional y las tendencias en el agua en operaciones actuales de minería	4
1.2	Consumo de agua	4
1.2.1	Colombia	5
1.2.2	Perú	5
1.3	Calidad del agua	6
1.4	Gestión del riesgo hídrico	7
<b>2</b>	<b>Resultados del estudio</b>	<b>8</b>
2.1	Análisis de huella hídrica con AWARE	10
2.2	Análisis de calidad de agua	11
2.3	Análisis de riesgo hídrico	11
2.3.1	Riesgo hídrico basado en la ubicación geográfica	11
2.3.2	Riesgo operacional basado en encuestas	12
2.4	Limitaciones del estudio	13
<b>3</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>14</b>
3.1	Conclusiones	14
3.2	Recomendaciones	14
<b>4</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>16</b>

## Lista de tablas

Tabla 1: Mineral explotado y consumos de agua específicos	6
Tabla 2: Resumen hídrico de las minas	11

## Lista de gráficos

Gráfico 1: Comparativa entre minas, impacto en remanente hídrico según AWARE (m <sup>3</sup> ) por kg de oro	12
Gráfico 2: Riesgo hídrico de la cuenca hidrográfica por mina	14
Gráfico 3: Riesgo operacional de cada mina	15

## Siglas, acrónimos y abreviaturas

ACV	Análisis del Ciclo de vida
ANA	Autoridad Nacional del Agua
AWARE	Available Water Remaining
DQO	Demand Química de Oxígeno
GICS	Global Industry Classification Standard
FC	Factor de caracterización
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PNRH	Plan Nacional de Recurso Hídrico
SST	Sólidos Suspendidos Totales
WRF	Water Risk Filter
WULCA	Water use in Life Cycle Assessment
WWF	World Wide Fund
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NPK	Nitrógeno, fósforo y potasio
PLN	Perusahaan Listrik Negara
SBGA	Swiss Better Gold Association (Asociación Suiza de Oro Responsable)
SBGI	Swiss Better Gold Initiative (Iniciativa Suiza de Oro Responsable)
SECO	Secretaría de Estado para Asuntos Económicos
T	Tonelada
WGC	World Gold Council (Consejo Mundial del Oro)
WRI	World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales)
WBCSD para el	World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial Desarrollo Sostenible)

## 1 Introducción

### 1.1 Información sobre el marco internacional y las tendencias en el agua en operaciones actuales de minería

El agua es un recurso de vital importancia para la vida en el planeta. La población humana consume entre uno y dos trillones de metros cúbicos de agua cada año (WATCH 2011). De este volumen, alrededor del 70 % se usa en la agricultura de irrigación, y de este porcentaje, el 71 % se extrae de agua superficial (World Water Assessment Programme 2009). Debido a las exigencias derivadas del cambio climático, y al continuo crecimiento de la población con un consecuente aumento de la demanda de alimentos (Palmer *et al.*, 2009), se estima que, para 2050, el consumo de agua para irrigación aumentará en un 60 % (Pfister *et al.*, 2011). Lo anterior implica una mayor presión sobre los ecosistemas (Vörösmarty *et al.*, 2005) y supone una competencia directa con las necesidades hídricas de otros sectores. Así pues, el consumo intensivo del agua, junto con las gestiones públicas inadecuadas y los cambios en las pautas de precipitación, están poniendo en peligro el acceso a un recurso vital para los humanos y los ecosistemas. La reducción del consumo del agua y la implementación de estrategias de gestión de la disponibilidad y calidad del agua hacen parte de las acciones más importantes que pueden llevarse a cabo en el marco del consumo responsable y sostenible de este recurso vital.

Con la finalidad de crear conciencia pública y facilitar una evaluación adecuada de los problemas del agua y sus riesgos, han surgido diversas iniciativas en el marco del Análisis de Ciclo de Vida (Boulay *et al.*, 2017), específicamente del grupo de trabajo WULCA (Water Use in Life Cycle Assessment), que surgió gracias a la asociación entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés) y la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC por sus siglas en inglés), UNEP-SETAC. La necesidad de datos de calidad se ha discutido en muchas conferencias y publicaciones en los últimos años y, en particular, por el CEO Water Mandate, la Red de Huella Hídrica (The Water Footprint Network) y el UNEP. La necesidad de tener datos sobre la huella hídrica también viene influenciada por el hecho de que la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) desarrolló el estándar para la huella hídrica ISO 14046 (ISO 14046, 2014). Gracias a estas iniciativas, el sector privado está incrementando paulatinamente su compromiso en la protección del recurso hídrico y empezando a incluir indicadores de estrés hídrico para evaluar impactos potenciales de su consumo de agua.

Desde el contexto minero, el marco necesario para evaluar de forma apropiada los impactos del uso del agua se basa principalmente en la distinción entre el consumo del agua (pérdida local de agua dulce por evaporación, integración en el producto y descarte en otra cuenca hidrográfica diferente o al mar) y la calidad del agua (Scagliusi, 2021). Con frecuencia, se considera que el sector minero está materialmente expuesto al riesgo hídrico (Muñoz, 2015). Por ello, es importante analizar también si hay gestión hídrica en el área y si es efectiva, pues una política inadecuada del manejo del agua puede tener repercusiones no deseadas en el ámbito político, económico y social.

### 1.2 Consumo de agua

La disponibilidad del agua está relacionada con la abundancia física o la carencia de recursos hídricos, lo cual puede impactar significativamente las actividades productivas, como la interrupción de la cadena de suministro, costos operacionales altos, y cuellos de botella en el crecimiento económico. La escasez del agua puede estar ocasionada por el ser humano y puede estar agravada por condiciones naturales (ej. aridez, periodos de sequía). Generalmente está calculada en función del volumen del consumo de agua/demanda relativa al volumen de agua disponible en el área considerada (Aqueduct, 2019).

La minería, en general, es una industria con un consumo intensivo de agua asociado a su producción (González-Campo *et al.*, 2020); no obstante, un patrón que se replica a nivel mundial

es que esta industria presenta un consumo industrial de agua menor que otros sectores, como el de la agricultura (Naciones Unidas, 2020). Sin perjuicio de lo anterior, la producción de oro ha tenido un crecimiento seguido en los últimos cuarenta años. Mientras que, en 1995, la producción global de oro minado era de 2.299 toneladas, para el 2018, la producción ya se había incrementado un 55% para fijarse en las 3.556 toneladas (Webb, 2022). Como el oro aparece normalmente en muy baja concentración en depósitos minerales, sus tenores son muy bajos, y en consecuencia los requerimientos de energía (Calvo et al, 2016) y de agua son muy demandantes. En términos generales, el consumo de agua es más intenso conforme el tenor es más bajo (IPCC, 2007; Hinsdale, 2018). La creciente demanda de oro en conjunto con menores tenores en la producción de oro (Bnamericas,2022; Webb, 2022) podría conducir a un consumo más intensivo del agua en el sector de la minería que, en conjunto con los efectos del cambio climático, podría a su vez conducir a las cuencas a sufrir estrés hídrico. Importante hay que mencionar que Colombia y Perú, siendo los países objeto de este estudio, hacen parte de una de las regiones del mundo más afectadas por el Cambio Climático, y donde ya son evidentes las consecuencias de los fenómenos meteorológicos externos en la salud, la vida, el acceso al agua y la energía, y el desarrollo socioeconómico (Naciones Unidas, 2021).

### 1.2.1 Colombia

El patrimonio hídrico de Colombia se ha visto afectado como consecuencia del cambio climático: el país ha perdido el 92% de su superficie glaciar, pasando de tener 374 km<sup>2</sup> aproximadamente alrededor de los siglos XVII-XIX, a 34,85 km<sup>2</sup> en 2020. Entre los seis glaciares con los que actualmente cuenta el país, se destaca el volcán nevado de Santa Isabel, el cual se estima que desaparecerá para el año 2030, según análisis del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2021). El volcán nevado de Santa Isabel alimenta por su flanco oriental los ríos Totarito, Azul y Mozul, pertenecientes a la zona hidrográfica de los ríos Magdalena y Cauca, donde se encuentran tres de las minas objeto de este estudio. La zona Magdalena-Cauca representa la fuente hídrica más importante del país, y en el caso del sector minero, abastece el 65% de las operaciones productivas (Asociación Ambiente y Sociedad, 2020).

Es importante destacar que el uso y consumo de agua en la minería varía dependiendo del material que se va a extraer. En la tabla 1 se puede apreciar diferentes consumos de agua por unidad de producción de diferentes minerales, siendo el consumo de agua, para el caso del oro, de 0,22 m<sup>3</sup> por gramo. Estas cantidades reflejan el uso de agua en todo el proceso minero (extracción y beneficio). También se considera como agua utilizada el agua evacuada de la mina y que es vertida a alguna fuente de agua superficial.

**Tabla 1: Mineral explotado y consumos de agua específicos**

Míneral	Unidad de producción	Consumo de Agua (m <sup>3</sup> /unidad de producción)
Níquel	Ton	1,51
Carbón	Ton	1,43
Oro	gr	0,22
Mármol	Ton	0,5

(Fuente: Tomado de La Unidad de Planeación Minero Energética UPME y Universidad Industrial de Santander UIS, 2013)

### 1.2.2 Perú

El Perú es uno de los países más vulnerables al cambio climático (Muñoz, 2015) y prueba de ello radica en que la superficie de los glaciares que alimentan los ríos de Perú está disminuyendo gradualmente. El Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri), a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), informó que el Perú ha perdido el 51% de su superficie glaciar en los últimos 50

años, debido al aceleramiento del deshielo por causa del cambio climático. Perú cuenta con 18 cordilleras cubiertas de nieve; entre las que se encuentra Huanzo, Chila, La Raya, Vilcanota, Carabaya y Apolobamba, áreas de interés para este estudio por estar próximas a las minas PE-002 y PE-006. La Raya ha perdido cerca del 90% de su superficie. Aunque no se ha encontrado literatura sobre la disminución de la capa de hielo en estas cordilleras, sí se han registrado cambios en otras cordilleras adyacentes como las cordilleras Barroso y Volcánica. Asimismo, Chila, La Raya, Huanzo, Chonta y La Viuda están en peligro de desaparición ya que tienen un potencial de extinguirse ya que en las últimas décadas perdieron cerca de 90% de su superficie (Minagri, 2020).

Para el sector minero en Perú, la mayor demanda de recurso hídrico ocurre en los procesos metalúrgicos, siendo la lixiviación en pilas la que tiene el mayor porcentaje de esta demanda. (Ministerio de Energía y Minas del Perú, s.f.). Para satisfacer las demandas de agua en las actividades mineras, se recurren a fuentes de agua superficial como abastecimiento principal. En algunos casos, se hace uso de aguas subterráneas. Sin embargo, el volumen de agua consumido por el sector es de tan solo un 1,04% del volumen de agua total consumido por el país, muy bajo en comparación con otros sectores más intensivos en el consumo de agua como la agricultura, el cual representa un 87,7% (ANA, 2017).

### 1.3 Calidad del agua

La calidad del agua indica si el recurso hídrico es adecuado tanto para los humanos como para los ecosistemas. Una calidad pobre del agua puede causar desestabilización de los ecosistemas y problemas serios de salud, y puede impactar las operaciones productivas de forma directa o indirecta, generando un incremento de costos operacionales y limitantes a los niveles de producción (WWF Water Risk Filter, 2022).

Uno de los parámetros de calidad más importantes en la minería de oro es la concentración de mercurio en los vertimientos. En 179 municipios de 15 diferentes departamentos en Colombia, se estimó en 2012 el vertimiento de una carga de 205 toneladas de mercurio, de las cuales el 27,5% son para el beneficio del uso de plata y 72,5% al beneficio del oro (Ministerio de Ambiente de Colombia, 2019). En Perú, el vertido de mercurio en los recursos hídricos es un tema actual y preocupante, especialmente en la región Madre de Dios, donde se estima que alrededor de 180 toneladas de mercurio son vertidas anualmente (USAID, 2021).

En general para la determinación de la calidad del agua, se puede hablar de agua entrante, agua de proceso, y agua de descarga. El agua de entrada a los procesos necesita que los Sólidos Suspendidos Totales (SST) estén bajo control para proteger el equipamiento (bombas, toberas/jets, equipo de enfriamiento, equipo de long wall, etc.). En algunas aplicaciones también existe la necesidad de controlar los Sólidos Disueltos Totales (SDT) o conductividad. En todo caso, el agua de entrada utilizada para procesamiento de mineral/producción de metal necesita control de SST y SDT para cumplir con la conductividad requerida basada en especificaciones de procesos químicos críticos.

El agua de los procesos se puede disponer a partir de tratamiento del agua de descarga o drenaje minero, para así reciclarlo de vuelta al proceso. Fuentes alternativas como efluente secundario obtenido de agua residual municipal tratada, agua superficial purificada o agua subterránea también pueden ser usadas como agua de procesos. Por ejemplo, el agua tratada puede ser usada dentro de la recuperación de mineral o etapas del proceso para alimentación de calderas o torres de enfriamiento. El agua de descarga es agua procedente de los procesos mineros, dewatering, drenaje minero, agua de tailings. El tratamiento debe asegurar el cumplimiento de la normativa local para garantizar que la disposición a la superficie o la reinyección de acuíferos sea posible (Omega Perú, 2020).

## 1.4 Gestión del riesgo hídrico

El riesgo hídrico está estrechamente relacionado tanto con la escasez del agua, tanto por falta de disponibilidad como por baja calidad. Los riesgos de la escasez de agua se pueden clasificar en términos de insuficiencia para satisfacer las necesidades básicas y las consecuencias que de ello se derivan, tales como la inestabilidad administrativa o la pérdida de oportunidades económicas, o en términos de las implicaciones asociadas a las políticas o medidas de respuesta a situaciones de escasez de agua (WWF, 2010).

A pesar de ser frecuentemente asociada a la falta de precipitaciones, la escasez de agua va mucho más allá y se debe a una compleja interacción de factores sociales, económicos y ambientales. Asimismo, las respuestas a la escasez de agua requieren la intervención de las partes interesadas en su conjunto, en los ámbitos local, nacional e internacional, especialmente para dar soluciones a las problemáticas en largo plazo (WWF, 2010). Por tanto, controlar el riesgo de escasez de agua requiere una mejor gestión del agua, una gobernabilidad del agua más robusta y una inversión financiera más inteligente. En otras palabras, la escasez de agua es mucho más que una crisis del recurso como tal, sino una crisis de gobernabilidad (Rogers, 2004).

## 2 Resultados del estudio

El presente análisis de la situación hídrica de las minas se realizó tomando como referencia datos primarios del 2021 procedentes de las minas, así como una revisión de la literatura y la combinación de diferentes herramientas e información. El objetivo es proveer a cada mina de un contexto comparativo en términos de consumo y calidad del agua, y de sus esfuerzos hacia la gestión hídrica. Para una mayor información sobre las fuentes, la metodología y las caracterizaciones hídricas de cada mina, se provee el informe completo.

En general, se destaca que las minas no cuentan con sistemas de cuantificación de agua extraída o vertida en los cuerpos hídricos adyacentes, por lo que se desconoce con exactitud cuál es el consumo real de las minas. Por tanto, este análisis se ha realizado con consumos aproximados, aportados por las minas, excepto por CO-011 que solamente proporcionó los límites de consumo otorgados por su licencia ambiental. Por ello, y para fines comparativos de este análisis, se tomó un consumo de 220 m<sup>3</sup> de agua como medida referencia para la producción de 1 kg de oro, según fuentes referenciadas de la Unidad de Planeación Minero Energética y la Universidad Industrial de Santander (2013). Se destaca que las minas de oro aluvial son las más intensivas en consumo de agua. También se constata un menor consumo de agua durante la extracción que el procesamiento en las minas que facilitaron los datos desagregados. El resumen de estas características hídricas de cada mina se presenta en la Tabla 2.

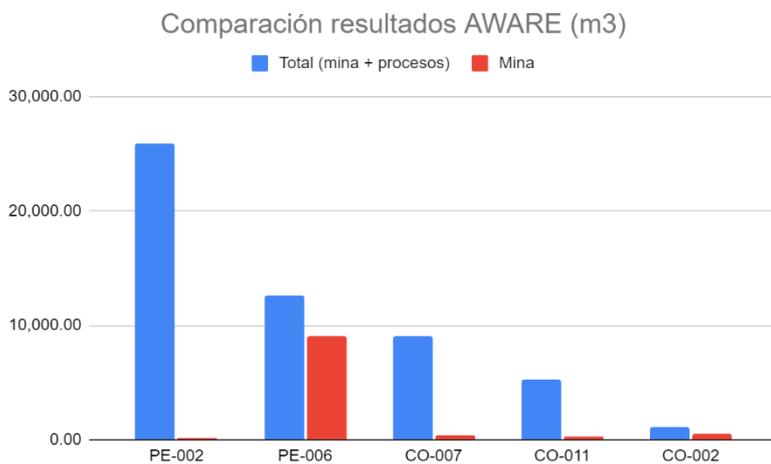
Tabla 2: Resumen hídrico de las minas

Nombre	Ubicación	Tipología de mina	Consumo de agua en 2021 (m <sup>3</sup> )	Producción de oro fino 2021 (kg)	Consumo de agua por kg de oro (m <sup>3</sup> )	Fuente hídrica	Comentarios
PE-002	Perú	Subterránea / Oro en veta. Pequeña. Semi-industrializada	49.157 (extracción) y 19.822 (procesamiento)	1.097	31,43	Agua superficial	Se asume que es todo agua industrial
PE-006	Perú	Cielo abierto / Aluvial. Pequeña. Ubicada a gran altura.	105.996	40	2.660,9	Agua de glaciar y agua lluvia	La mina cuenta con recirculación para reuso del agua
CO-007	Colombia	Mina a cielo abierto / Oro en veta. Mina de mediana escala	179.120	188	952,77	Agua superficial	Se calculó el consumo promedio anual teniendo en cuenta el consumo de dos meses, Mayo: 56.663 m <sup>3</sup> y el consumo para diciembre: 176.076 m <sup>3</sup> .
CO-002	Colombia	Cielo abierto/ Aluvial. Pequeña. Ubicada en tierras bajas	65.084.195	48	1.355,9	Agua superficial y subterránea	Se asume que es toda agua industrial
CO-011	Colombia	Subterránea / Oro en veta. Pequeña.	516 (extracción) y 148.781 (procesamiento)	15	220	Agua superficial	Desconocimiento del agua que consumen, calculado promedio anual con base en la cantidad permitida por la licencia

(Fuente: South Pole, 2022)

## 2.1 Análisis de huella hídrica con AWARE

Basados en la información de caracterización general de las minas, se realizó una comparativa entre minas usando la metodología AWARE (Wulca, 2022), alineada con el cálculo de la huella hídrica según la norma ISO 14046. Los resultados arrojados son el consumo de las minas multiplicado por su correspondiente factor de caracterización (FC) a nivel cuenca hidrográfica, lo que permite medir el nivel de impacto de la producción de un kg de oro en los recursos hídrico-locales. Estos resultados son luego normalizados a nivel mundial para fines comparativos entre minas. De esta manera, se define la diferencia que supone la captación y consumo de agua, según el lugar geográfico donde ocurre. Los datos se presentan en el Gráfico 1.



**Gráfico 1: Comparativa entre minas, impacto en remanente hídrico según AWARE (m<sup>3</sup>) por kg de oro**

(Fuente: South Pole, 2022)

A fines explicativos, se ha diferenciado en el Gráfico 1 entre el consumo de agua realizado dentro de los límites de la mina (expresado en rojo), del consumo de agua total, generado por las operaciones de la mina junto con el generado a partir de procesos necesarios para la actividad minera como el transporte, producción de químicos y electricidad (expresado en azul) que ocurren fuera de los límites de la mina. De esta manera se puede comparar de forma más global, cuánto impacta la producción de un kg de oro en la disponibilidad hídrica. Se puede observar que la mina PE-006 es la que más impacto hídrico tiene debido a su consumo de agua intensivo y a la zona geográfica en la que se encuentra. Aun teniendo sistemas de recirculación del agua, el dato suministrado por la mina fue de 105.996 m<sup>3</sup> (6.000 m<sup>3</sup> procedentes del glaciar adyacente y 99.996 m<sup>3</sup> procedentes de agua de lluvia) de consumo anual de agua.

### Aviso legal:

Este informe es únicamente para el uso de SBG. Ninguna parte de este puede circular, ser citado o reproducido para distribución a terceros sin el consentimiento previo por escrito de South Pole Carbon Asset Management Ltd.

Comparativamente PE-002 no tendría apenas impacto derivado de sus operaciones dentro de los límites de la mina, ya que cuenta con sistemas avanzados de recirculación de la masa hídrica, que le permite reutilizar el agua hasta en un 80%. Sin embargo, tanto PE-002 como PE-006 tienen el mayor impacto total (representado por la barra azul) en el remanente hídrico de las cinco minas consideradas principalmente por la composición eléctrica de Perú. La explicación se debe a la composición eléctrica del país, ya que su componente hidroeléctrico representa un 50,4% (Osinergmin, 2017). En el caso de las tres minas de Colombia, se encuentran en la cuenca Magdalena, donde hay gran abundancia de recursos hídricos, por lo que el impacto de sus operaciones en la disponibilidad del agua es claramente menor. Es importante resaltar el peso del impacto de los procesos en todas las minas. En el caso de CO-007, el mayor impacto procede de la gestión de los residuos. En la mina CO-011, el mayor peso en los procesos procede de la fabricación de las tuberías de plástico, de la producción de la madera empleada en el apuntalamiento de los túneles y por último en el nitrato de amonio incluido en la dinamita y el cianuro de sodio empleado en la etapa del procesamiento.

Es importante indicar que mientras el consumo en m<sup>3</sup> reportado por CO-002 es mayor que el de las otras minas, cuenta con el menor resultado usando la herramienta AWARE. Esto se debe a que el resultado aportado por AWARE tiene en cuenta las particularidades de la cuenca hidrográfica y luego normaliza según la media global de disponibilidad hídrica, poniendo de manifiesto la relevancia de la ubicación geográfica para determinar el riesgo hídrico real de la mina.

## 2.2 Análisis de calidad de agua

En términos de calidad del agua, se procedió a hacer una revisión de los reportes de monitoreo aportados por las cinco minas sujetas a este estudio. Las minas ubicadas en Colombia presentan vertimientos a cuerpos de agua cuyos parámetros de calidad deben monitorear de forma periódica para garantizar seguimiento a los valores máximos permisibles establecidos en la legislación. Se destaca que la mina CO-007 sobresale por generar vertimientos con la mayor carga orgánica y el mayor contenido de sólidos suspendidos totales, así como compuestos de fósforo, cloruros y hierro. En el caso de las minas ubicadas en Perú, no se contaron con reportes de monitoreo de la calidad aguas arriba o aguas debajo con respecto a la ubicación de las minas.

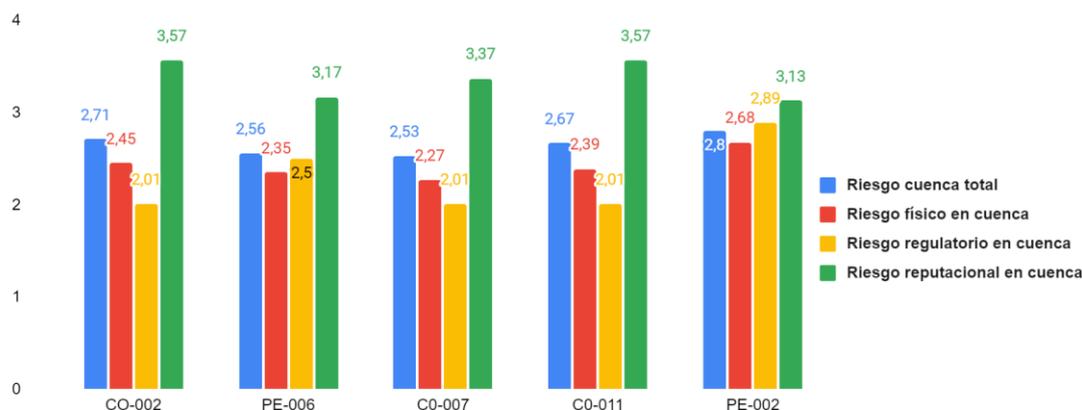
## 2.3 Análisis de riesgo hídrico

Finalmente, se realizó una evaluación del riesgo hídrico de las minas usando el Water Risk Filter (WWF, 2022), herramienta que ya computa los impactos de las actividades mineras en su análisis del riesgo por cuenca hidrográfica. Adicionalmente se completaron los resultados con encuestas suministradas a cada mina sobre su riesgo operacional. Esta herramienta permite medir los riesgos hídricos asociadas a la cuenca hidrográfica en la que se encuentra la mina y a su riesgo operacional, para luego expresarlo en puntuaciones que van de muy bajo (con puntuación de uno) a muy alto (con puntuación de cinco). Para conocer más cómo funciona la herramienta, se recomienda consultar el apartado de metodología en el informe completo.

### 2.3.1 Riesgo hídrico basado en la ubicación geográfica

El Gráfico 2 es una comparativa de la estimación de riesgo basada en la ubicación geográfica de las minas, lo cual informa los riesgos relacionados con sus cuencas hidrográficas.

Riesgo cuenca hidrógrafica



**Gráfico 2: Riesgo hídrico de la cuenca hidrográfica por mina**

(Fuente: South Pole, 2022. Análisis hecho a partir del Water Risk Filter, WRF)

Como se puede observar, el riesgo general de la cuenca es bajo con tendencia a medio, con valores entre 2,53 y 2,8. Las tres minas ubicadas en Colombia tienen un riesgo físico similar bajo entre 2,27 y 2,45. Dentro del riesgo físico, los indicadores más relevantes son un riesgo alto de inundación, basado en pautas históricas y tendencias futuras computadas en la herramienta Water Risk Filter. Asimismo, las tres presentan un riesgo alto de fragmentación de los ríos y una degradación media de los servicios ecosistémicos de captación al incrementar la deforestación y por tanto la disminución de la función de los bosques en regulación hídrica y control de la polución. Los riesgos físicos a los que están sujetas las minas peruanas son de otra índole, ya que están relacionados con el estrés hídrico y riesgo de sequía (Water Risk Filter, 2022).

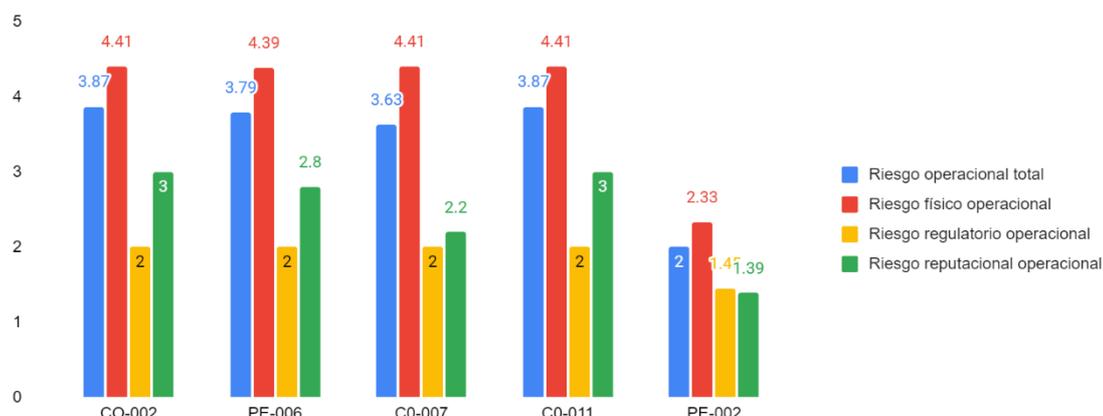
En cuanto al riesgo regulatorio se encuentra en un nivel bajo con tendencia a medio de entre 2,5 y 2,89, lo que implica que el medio regulatorio implementado para el recurso hídrico en estas cuencas es estable.

El riesgo reputacional se sitúa en valores medios entre 3,13 y 3,57 en las cinco minas. Este riesgo reputacional está asociado con valores de riesgo altos en el endemismo de agua dulce, o alto número de especies endémicas de peces que pudieran estar expuestos a una mala gestión del recurso hídrico (WRF,2022). Otro riesgo reputacional donde las minas han tenido valores altos o muy altos es en la cobertura mediática nacional y en eventos que han dado lugar a noticias de carácter conflictivo. Esto es, que en las cuencas donde se encuentran las minas, hay registros de incidentes negativos documentados, criticismos y controversias que podrían afectar el riesgo reputacional de una empresa.

### 2.3.2 Riesgo operacional basado en encuestas

A partir de la información obtenida mediante una encuesta virtual dado a los encargados ambientales de cada mina, se realizó un análisis del riesgo operacional con la herramienta Water Risk Filter. Los resultados se presentan en el Gráfico 3.

### Riesgo operacional



**Gráfico 3: Riesgo operacional de cada mina**

(Fuente: South Pole, 2022. Análisis hecho a partir del Water Risk Filter, WRF)

En este caso, podemos observar una menor homogeneidad en los resultados entre las cinco minas, ya que estamos teniendo en cuenta las particularidades de las operaciones mineras. Se evidencia que la mina con menos riesgo operacional es PE-002, ya que cuenta con prácticas avanzadas de administración del agua para su recirculación en las actividades diarias. Esta práctica contrarresta su riesgo físico con una puntuación de 2,33, mucho menor que la puntuación mayor a 4 alcanzada por las demás minas. Dicho alto riesgo operacional se debe a la propia actividad de la mina, con un consumo intensivo del agua, el empleo de químicos y el alto impacto que supone las operaciones en términos de calidad de agua, siendo necesario el tratamiento o purificación del agua antes de devolverla al río u otro cuerpo hídrico.

En cuanto al riesgo regulatorio es bajo, con puntuaciones entre 1,40 y 2. Las minas cumplen con toda la regulación pertinente en cantidad y calidad, sin haber sido sancionadas con multas, órdenes de ejecución ni otras sanciones por infracciones reglamentarias relacionadas con el agua durante el año 2021.

Por último, el nivel reputacional oscila entre los valores de 1,39 y 3 para las cinco minas. Las minas afirman no haberse visto involucradas directamente en disputas relacionadas con el agua con otros usuarios y partes interesadas en la cuenca durante el 2021 y el 2022, lo cual podría disminuir la reputación de la mina. Sin embargo, PE-002 es la mina con el riesgo reputacional más bajo, no solo por su gestión del riesgo hídrico más avanzada, sino además porque cuenta con una plataforma oficial en la que la mina y otras partes interesadas se reúnen para discutir temas relacionados de la cuenca.

## 2.4 Limitaciones del estudio

No fue posible realizar un estudio de balance hídrico de las minas teniendo en cuenta la poca disponibilidad de información sobre el volumen de efluentes. Tampoco se contó con información sobre posibles pérdidas por evaporación a partir de la superficie libre del agua decantada o de los relaves, y la filtración que pudiera ocasionarse desde el depósito de relaves.

En el caso específico de las minas en Perú, no se tiene registro de vertimientos a cuerpos de agua, ya que las minas cuentan con mecanismos de recirculación del recurso hídrico para su máximo aprovechamiento. En el caso específico de las minas en Colombia, las empresas realizan monitoreo a parámetros de calidad de los vertimientos, pero no reportan información sobre el volumen de descarga como tal.

## 3 Conclusiones y recomendaciones

### 3.1 Conclusiones

En general, se destaca un desconocimiento por el consumo real de agua de la mina, desde la toma de agua hasta la cantidad de agua vertida a los cuerpos hídricos. Sin embargo, los datos recogidos apuntan a que las minas a cielo abierto son la tipología de mina con un mayor consumo de agua, siendo la de oro aluvial la más intensiva. Es importante destacar que el impacto del consumo de agua tiene una fuerte dependencia local, como se ha podido demostrar a partir de la herramienta AWARE.

Las minas peruanas se encuentran en una situación de vulnerabilidad hídrica mayor que las colombianas, no solo porque su situación geográfica sufre un estrés hídrico mayor, sino además porque más de la mitad de la electricidad que consumen es de origen hidroeléctrico.

En términos de afectación a la calidad del agua, se destaca el caso de las minas de Perú, debido a que tratan y reciclan las corrientes de efluentes generados, no solo reducen la presión sobre el consumo del recurso hídrico, sino que también evitan incrementar la carga contaminante de los cuerpos de agua a los cuales pudiesen realizar vertimientos. Estas prácticas contribuyen a mitigar los impactos de contaminación de agua en las regiones en las que se ubican las minas, que históricamente han tenido presencia de operaciones de minería informal y por lo tanto no han seguido un control riguroso a la generación de vertimientos.

En el caso de las minas ubicadas en Colombia, es posible afirmar que hay conformidad respecto al cumplimiento de la legislación, ya que el monitoreo de parámetros de calidad de los vertimientos revela resultados que no superan los límites máximos permisibles en descargas puntuales de aguas residuales no domésticas a cuerpos de agua superficial, a excepción de dos parámetros en la mina CO-007. Es importante resaltar que el contenido de cianuro en los vertimientos es diez veces menor al permitido en la legislación, lo cual da indicios de buenas prácticas en el manejo de esta sustancia y en el tratamiento de las aguas residuales.

Según los datos arrojados por la herramienta Water Risk Filter, las minas se encuentran en un entorno regulatorio estable, lo que implica que no se avecinan cambios en la regulación hídrica de gran influencia sobre las actividades mineras.

Sin embargo, este riesgo parece ser percibido como bajo por las cinco minas, poniendo de relieve que ninguna de las actividades de las cinco minas se ha visto involucrada en cobertura mediática negativa durante el año de estudio, 2021.

El riesgo de reputación considerado por las cinco minas dio un valor bajo, indicando que ninguna de éstas estuvo involucrada en cobertura mediática negativa durante el año de estudio, 2021.

Aunque el consumo de agua en la minería suele ser menos intensivo que en otros sectores industriales (Naciones Unidas, 2020), su riesgo operacional es alto. Los impactos ambientales que potencialmente puede causar son de alto riesgo, considerando la escala de la explotación, el tipo de tecnología y la ubicación geográfica. Además, hay múltiples factores que indican un entorno cada vez más desafiante para el acceso de la minería a recursos hídricos, como el cambio climático, la incertidumbre regulatoria, los efluentes y calidad del agua en las operaciones pudiendo causar daños de carácter físico y reputacional. Por ello, se puede ver afectada la producción y los costes asociados, la gestión sostenible, la transparencia y la resolución de conflictos con otras partes interesadas con acceso a la misma cuenca, lo que incrementa los riesgos a largo plazo de las inversiones.

### 3.2 Recomendaciones

Se recomienda hacer una evaluación de la huella hídrica siguiendo el estándar internacional ISO 14046 para la huella hídrica en un ACV. Para esto, se debe llevar a cabo un balance hídrico de cada mina, lo que supone hacer un análisis exhaustivo de las entradas y salidas de la masa

hídrica en la mina (cálculo del consumo real de agua por parte de las actividades mineras), así como tener factores locales en cuenta como el nivel de precipitaciones, los regímenes estacionales o los índices de evaporación.

- La información puede ser usada para la gestión de riesgo que evalúa el riesgo físico (problemas futuros de acceso), riesgos regulatorios (ley hídrica inesperada o incremento en los precios del consumo del agua) y riesgos reputacionales (como pérdida de clientes o inversores debido a opiniones sobre decisiones relacionadas con el empleo de recursos hídricos).
- También daría información diagnóstica de balance de agua con enfoque de cuenca y proyección de cambio climático.

Para lo anterior, se recomienda el uso de tecnologías que permitan medir: i) uso de agua, ii) pérdidas de agua por evaporación y filtraciones en el relave, iii) variables de cantidad y calidad en función de las cuencas de donde extraen los recursos hídricos. Esto permite el fortalecimiento del monitoreo de la calidad del agua.

Se recomienda para las minas de Colombia tener un mayor enfoque en la economía circular, con una mayor optimización y eficiencia del consumo hídrico y su recirculación continua en las actividades mineras.

Se recomienda formar parte de alguna de las iniciativas globales de buena administración hídrica, como la Water Resilience Coalition, Alliance for Water Stewardship o el CEO Water Mandate, respaldado ya por más de 200 empresas. Ser parte de alguna de estas iniciativas puede ayudar a las minas a fijar el camino hacia la buena administración hídrica, ya que permite la optimización de la gestión hídrica, mejorar el entendimiento de los riesgos de la actividad empresarial minera en relación con el agua y desarrollar e implementar un plan extenso de buena administración hídrica y un trabajo conjunto con otras instituciones y partes interesadas.

Realizar asociaciones público-privadas, en línea con los planes de gestión hídricos de la cuenca estaría en línea para alcanzar el uso sostenible del recurso hídrico. Ejemplos de estos procesos son aplicados en algunas minas en Chile y Perú, que dan soporte en el levantamiento periódico de información sobre la base de encuestas normalizadas que están orientadas a recoger datos sobre el uso de agua y energía en distintos procesos en la cadena de valor minera (Naciones Unidas, 2020).

## 4 Bibliografía

ANA. (2017). SNMPE: Las mineras formales solo usan el 1.04% de agua. Recuperado de: <https://miningpress.com/309120/snmpe-cuanta-agua-consumen-las-mineras-del-peru>

Aqueduct. (2019). World Resources Institute. Recuperado de: <https://www.wri.org/aqueduct/publications>

Asociación Ambiente y Sociedad, Semana sostenible. (2020). Colombia se derrite. Recuperado de: <https://www.ambienteysociedad.org.co/colombia-se-derrite/>

Bnamericas. (2022, Mayo 11). Output at top LatAm gold mines falls on grade decline. Recuperado de: <https://www.bnamericas.com/en/features/output-at-top-latam-gold-mines-falls-on-grade-decline>

Boulay, A. M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuilière, M. J., Manzardo, A., ... & Pfister, S. (2017). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 368-378. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-017-1333-8>

Calvo, G., Mudd, G., Valero, A., & Valero, A. (2016). Decreasing ore grades in global metallic mining: a theoretical issue or a global reality?. *Resources*, 5(4), 36. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2079-9276/5/4/36/htm>

González-Campo, M. J., Pasqualino, J., Díaz-Mendoza, C., & Rodríguez-Dono, A. (2020). Environmental life cycle assessment for a large-scale gold mining. Recuperado de: [http://axces.info/handle/10.18687/20200101\\_577](http://axces.info/handle/10.18687/20200101_577)

Hinsdale, J. (2018, Junio 12). Vanishing Glaciers: The Future of Water in Peru's High Andes. [online] State of the Planet. Recuperado en <https://blogs.ei.columbia.edu/2018/06/12/vanishing-glaciers-future-water-perus-high-andes/>

IDEAM. (2021). Glaciares en Colombia. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). 2007: Freshwater Resources and Their Management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to The Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK.

ISO 14046. (2014). (Ministerio de Energía y Minas del Perú, s.f.)

Minambiente. (2019). Ministerio de ambiente de Colombia. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1977-2019.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego, Minagri. (2020). Perú perdió el 51 de sus glaciares debido al cambio climático. Recuperado de: <http://www.ana.gob.pe/noticia/peru-perdio-el-51-de-sus-glaciares-debido-al-cambio-climatico>

Muñoz, C. (2015). Water Hazard of Mining and Energy Sector in the Context of Climate Change. Recuperado de: <https://1library.co/document/qv12wp0y-riesgo-hidrico-sectores-minero-energetico-contexto-cambio-climatico.html>

Naciones Unidas. (2020). Estado del arte de las estadísticas mineras del uso de agua y energía. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46596/S2000798\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46596/S2000798_es.pdf)

Naciones Unidas. (2021). Cambio climático: América Latina será una de las regiones más afectadas. Noticias ONU - Mirada global, Historias humanas. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2021/08/1495582#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20se%C3%B1ala%20que%20Am%C3%A9rica,desarrollo%20socioecon%C3%B3mico%20de%20la%20regi%C3%B3n.>

Omega Peru. (2020). Soluciones para Monitoreo de la Calidad del Agua en Minería. Recuperado de: <https://omegaperu.com.pe/calidad-de-agua-en-la-industria-mineria/>

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, Osinergmin. (2016). La Industria de la Electricidad en el Perú. Recuperado de: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf)

Palmer M.A., Lettenmaier, D.P., Poff, N.L., Postel, S.L., Richter, B. and Warner, R. (2009). Climate change and river ecosystems: protection and adaptation options. *Environ.Manag.* 44:1503-1068

Pfister, S., Bayer, P., Koehler, A. and Hellweg, S. (2011). Projected water consumption in future global agriculture: Scenarios and related impacts. *Science of the total environment* 409: 4206-4216.

Rogers, P. (2004). *Water crisis: myth or reality?* Taylor and Francis, London.

Scagliusi, F.M. (2021). El uso del agua en la minería, en particular la huella hídrica y la huella de agua, dos indicadores fundamentales. *Revista Catalana de Dret Ambiental Col.* XII Núm 1 (2021): 1-37. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/rcda/article/download/393342/486804>

UPME, Unidad de Planeación Minero Energética y UIS, Universidad Industrial de Santander. (2013). ESTIMACIÓN DE ÁREAS INTERVENIDAS, CONSUMO DE AGUA, ENERGÍA Y COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LA ACTIVIDAD MINERA). Recuperado de: [http://www.upme.gov.co/SeccionMineria\\_sp/AREAS\\_INTERVENIDAS.pdf](http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/AREAS_INTERVENIDAS.pdf)

USAID. (2021). Pozas abandonadas por la minería aurífera artesanal aumentan el riesgo de contaminación por mercurio en la Amazonía Peruana. Recuperado de: [http://cincia.wfu.edu/wp-content/uploads/RB\\_Pozas-mineras-aumentan-riesgo-de-contaminaci%C3%B3n-por-Hg\\_ESPA%C3%91OL\\_15.03.21.pdf](http://cincia.wfu.edu/wp-content/uploads/RB_Pozas-mineras-aumentan-riesgo-de-contaminaci%C3%B3n-por-Hg_ESPA%C3%91OL_15.03.21.pdf)

Vörösmarty, C. J., Lévêque, C. and Revenga, C. (2005). Chapter 7 - Fresh water. Volume 1. *Millennium Ecosystem Assessment*, Island Press.

Watch. (2011). Water and global change. Retrieved August, 2012, from <https://gateway.ceh.ac.uk/terraCatalog/Start.do>

Water Risk Filter. (2022). Methodology documentation. Recuperado de: [https://cdn.kettufy.io/prod-fra-1.kettufy.io/documents/waterriskfilter.org/WaterRiskFilter\\_Methodology.pdf](https://cdn.kettufy.io/prod-fra-1.kettufy.io/documents/waterriskfilter.org/WaterRiskFilter_Methodology.pdf)

Webb, A. (2022). Gold Production over the past and next 25 years. Issue 100. LBMA. Recuperado de: <https://www.lbma.org.uk/chemist/issue-100/gold-production-over-the-past-and-next-25-years>

World Water Assessment Programme. (2009). *The United Nations World Water Development Report 3. Water in a Changing World*. Paris: UNESCO and London: Earthscan

Wulca. (2022). Aware methodology. Recuperado de: <https://wulca-waterlca.org/aware/>

WWF. (2010). Qué son los riesgos hídricos. Guía sobre las consecuencias de la escasez de agua para el gobierno y las empresas. Recuperado de: [http://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdifusion/WWF\\_QueSonLosRiesgosHidricos.pdf](http://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdifusion/WWF_QueSonLosRiesgosHidricos.pdf)

WWF. (2022). WWF Water Risk Filter. Recuperado de: <https://waterriskfilter.org/>

